



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06152017 A**(43) Date of publication of application: **31 . 05 . 94**(51) Int. Cl. **H01S 3/08**(21) Application number: **04298819**(22) Date of filing: **09 . 11 . 92**(71) Applicant: **HITACHI CONSTR MACH CO LTD**

(72) Inventor:  
**MITSUYANAGI NAOKI**  
**TADA NOBUHIKO**  
**SHIMOMURA YOSHIKI**  
**SAKURAI SHIGEYUKI**

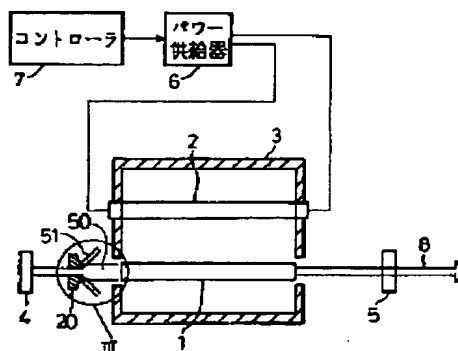
(54) **LASER OSCILLATOR**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To reduce the diameter of a laser beam and permit a laser oscillator to perform fine machining without damaging an aperture and other important optical components that constitute the laser oscillator.

**CONSTITUTION:** A laser oscillator is provided with a laser rod 1, a flash lamp 2, a condenser 3, an end mirror 4, an output mirror 5 and an aperture 20. The laser rod side of the aperture 20 is permitted to be a mirror plane that has high reflectivity for the wavelength of laser beam 50 and the mirror plane is permitted to be a conical plane whose normal line is inclined from the axis of the laser beam 50. An absorber which absorbs laser beam 51 reflected by the mirror plane can be also provided.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-152017

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/08

8934-4M

H 0 1 S 3/ 08

Z

審査請求 未請求 請求項の数2(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-298819

(22)出願日 平成4年(1992)11月9日

(71)出願人 000005522

日立建機株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番2号

(72)発明者 三柳 直毅

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株

式会社土浦工場内

(72)発明者 多田 信彦

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株

式会社土浦工場内

(72)発明者 下村 義昭

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株

式会社土浦工場内

(74)代理人 弁理士 春日 譲

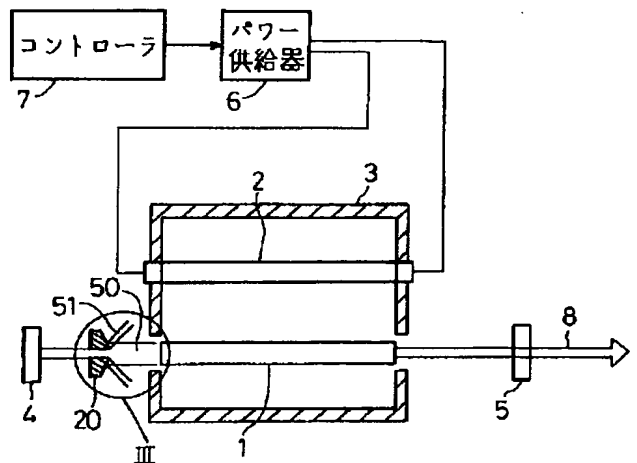
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ発振器

(57)【要約】

【目的】レーザ発振器において、アパーチャ及びその他のレーザ発振器を構成する重要な光学部品を破損することなく、レーザ光のビーム径を絞って微細加工を行うことができるようにする。

【構成】レーザロッド1、フラッシュランプ2、集光器3、エンドミラー4、アウトプットミラー5、及びアパーチャ20を備えたレーザ発振器において、アパーチャ20のレーザロッド1側を、レーザ光50の波長に対し高い反射率をもつミラー面20aとし、また、ミラー面20aを、レーザ光50の軸に対して法線が傾斜した円錐面とする。さらに、ミラー面20aで反射されたレーザ光51を吸収するアブソーバ30を設けてもよい。



- |               |            |
|---------------|------------|
| 1 : レーザロッド    | 8 : レーザ光   |
| 2 : フラッシュランプ  | 20 : アパーチャ |
| 3 : 集光器       | 50 : レーザ光  |
| 4 : エンドミラー    | 51 : レーザ光  |
| 5 : アウトプットミラー |            |

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を出力するロッド状の発振媒体と、前記発振媒体を励起する励起手段と、前記発振媒体の両端に対面して設けられた2枚の共振ミラーと、前記共振ミラーの少なくとも一方とこれに対面する前記発振媒体との間に挿入され前記発振媒体より出力されるレーザ光のビーム径を絞るアパーチャとを備え、前記発振媒体及び前記2枚の共振ミラーを基本として光学ユニットを構成するレーザ発振器において、前記アパーチャは、レーザ光の波長に対し高い反射率を有しかつ前記レーザ光の軸に対して法線が傾斜するミラー面を前記発振媒体側に備えることを特徴とするレーザ発振器。

【請求項2】 請求項1記載のレーザ発振器において、さらに前記アパーチャで反射したレーザ光の経路上に配置され、そのレーザ光を吸収するアブソーバを備えることを特徴とするレーザ発振器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、アパーチャによってレーザ光のビーム径を絞り、微細加工を行うレーザ発振器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 レーザは、通信、計測、加工などの多方面の技術分野において利用されているが、特に0.1mm程度の微細なスポット径で、かつ $10^9\text{w}/\text{cm}^2$ と高いエネルギー密度を持つことから、加工技術への応用が検討され、種々の材料に対する微細加工の手段として急激に普及してきている。例えば、スポット径の大きさや印加電圧を変化させることにより、レーザ光の有するエネルギーを変えることができ、被加工物に照射されるレーザ光のパワー密度を自由に制御することができる。これにより被加工物の状態を加熱、熔融、蒸発に変化させて、被加工物の状態に応じて熱処理、溶接、切断、穴あけなどの各種加工を行うことができる。

【0003】 図6に、加工に用いられる従来のレーザ発振器の構成の一例を示し、その動作原理を以下に説明する。尚、図6においては発振媒体として固体を用いる固体レーザの例を示す。

【0004】 図6に示すように、このレーザ発振器は、レーザ光を出力する発振媒体であるレーザロッド101、レーザロッド101を励起するためのフラッシュランプ102、内面に楕円形の反射面（図示せず）を形成しその焦点位置にレーザロッド101とフラッシュランプ102をそれぞれ設置した集光器103、レーザロッド101両端に対面しその軸の延長線上において互いに平行になるように配置され、それぞれ共振器を構成するエンドミラー104及びアウトプットミラー105、エンドミラー104とレーザロッド101との間に挿入された絞りであるアパーチャ120を備えている。さらに、レーザ発振器の外部には、フラッシュランプに発光

パワーを供給するパワー供給器106、及びパワー供給器106の供給動作を制御するためのコントローラ107が設置されている。

【0005】 上記構成を有するレーザ発振器において、コントローラ107は所要の駆動指令値をパワー供給器106に与え、パワー供給器106が動作する。この指令値の内容としては、例えば連続レーザの場合には電圧であり、パルスレーザの場合にはパルス幅、電圧、パルス周波数等である。パワー供給器106は、コントローラ107から供給される指令値に応じてフラッシュランプ102に所要の電圧を印加し、電圧が印加されることにより点灯又は点滅するフラッシュランプ102の光は集光器103でレーザロッド101に与えられる。レーザロッド101は、フラッシュランプ102から与えられる光により、レーザロッド101にドーブされたイオン、例えばYAGレーザの場合にはNd<sup>3+</sup>イオンの電子が励起され、励起された電子が再び下位のエネルギーレベルに戻る時に誘導放出現象が発生する。発生した光がエンドミラー104とアウトプットミラー105との間を往復するうちに増幅され強力なパワーを得るが、この時アパーチャ120によってレーザ光のビーム径が絞られ、この一部がアウトプットミラー105を透過してレーザ光108となり外部に放出される。

【0006】 アパーチャ120は、例えばドーナツ状をした絞りであって、これを挿入することによって上記のようにレーザロッド径と同一の本来のビーム径より小さくビーム径を絞ることができる。これによりこのレーザ発振器から出力され集光レンズ（図示せず）で被加工物上に集束されたレーザ光のスポット径が小さくなり、微細加工を行うことができる。これは、微細加工を行うための簡便な方法としてよく用いられる。特に、加工深さと加工幅との比であるアスペクト比の大きな被加工物を加工する場合には、十分な加工深さを得るためにレーザ光のパワーを大きくし、加工幅、つまりスポット径を小さく絞る必要があり、このためにとりわけ穴径の小さいアパーチャ120を使用する。尚、アパーチャ120はアウトプットミラー105とレーザロッド101との間に挿入されることもある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記のように、従来技術を利用してアスペクト比の大きな被加工物を加工する場合、アパーチャ120の材料として金属を用いると、共振器内でのレーザ光のパワー密度が大きくなるためにアパーチャ120が熔融する場合がある。アパーチャ120が熔融すると絞りとしての役目を果たさないばかりか、その熔融物がまわりに飛散して、エンドミラー104やアウトプットミラー105やレーザロッド101等に付着し、その飛散した熔融物を起点として上記光学部品を破損する恐れがあった。

【0008】 本発明の目的は、上記の問題点に鑑み、ア

パーチャ及びその他のレーザ発振器を構成する重要な光学部品を破損することなく、レーザ光のビーム径を絞って微細加工を行うことができるレーザ発振器を提供することである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明においては、レーザ光を出力するロッド状の発振媒体と、前記発振媒体を励起する励起手段と、前記発振媒体の両端に直面して設けられた2枚の共振ミラーと、少なくとも一方の前記共振ミラーとこれに直面する前記発振媒体との間に挿入され前記発振媒体より出力されるレーザ光のビーム径を絞るアパーチャとを備え、前記発振媒体及び前記2枚の共振ミラーを基本として光学ユニットを構成するレーザ発振器において、前記アパーチャは、レーザ光の波長に対し高い反射率を有し、かつ前記レーザ光の軸に対して法線が傾斜するミラー面を前記発振媒体側に備える。

【0010】好ましくは、さらに前記アパーチャで反射したレーザ光を吸収するアブソーバを備える。

#### 【0011】

【作用】上記のように構成した本発明においては、2枚の共振ミラーのうち少なくとも一方の共振ミラーとこれに直面する発振媒体の端面との間にアパーチャを挿入することにより、レーザ光のビーム径が上記発振媒体と同一の本来のビーム径より小さく絞られる。従って、この後集光レンズで被加工物上に集束されるレーザ光のスポット径が小さくなり、これにより微細加工が行われる。

【0012】また、アパーチャの発振媒体側をミラー面とし、このミラー面がレーザ光の波長に対し高い反射率をもつことにより、レーザ光が高いパワー密度を有していても、このミラー面に入射するレーザ光のほとんどが反射し、アパーチャが熔融したり破損することなくレーザ光のビーム径が絞られる。さらにアパーチャが熔融することがないので、アパーチャの熔融物の飛散によってレーザ発振器を構成する重要な光学部品を破損することがない。

【0013】また、アパーチャのミラー面がレーザ光の軸に対して直角であると、このミラー面と共振ミラーとが共振器を形成し、ここでレーザ光が増幅されてしまい、アパーチャが絞りの意味をなさなくなってしまう。本発明においては、アパーチャのミラー面の法線をレーザ光の軸に対して傾斜させるが、これは言い換えれば上記アパーチャのミラー面がレーザ光の軸に対して直角でないということであり、このアパーチャのミラー面で反射したレーザ光は入射方向とは異なる方向へ散乱する。従って、アパーチャのミラー面と共振ミラーとが共振器を形成してレーザ光が増幅されるという弊害がなく、アパーチャが絞りとして確実に機能する。

【0014】また、YAGレーザのようにゲインの高いレーザ光を出力するレーザ発振器においては、上記アパ

ーチャのミラー面で反射するレーザ光、即ち2枚の共振ミラー間で増幅されないレーザ光でも十分に高いパワー密度を有しているため、これが他の金属製の部品などに照射されると、その部分が熔融し、破損する可能性がある。本発明においては、アパーチャのミラー面で反射されたレーザ光がアブソーバで吸収されることにより、レーザ光が他の金属製の部品に照射されてこれが破損することがない。

#### 【0015】

10 【実施例】本発明の一実施例によるレーザ発振器について図1から図4による説明する。図1は加工に用いられる本実施例によるレーザ発振器の構成を示した図であり、ここでは発振媒体として固体を用いる固体レーザの例を示している。図1に示された固体レーザの構成及び動作原理を以下に説明する。

20 【0016】図1に示すように、本レーザ発振器は、レーザ光を出力する発振媒体であるレーザロッド1、レーザロッド1を励起するためのフラッシュランプ2、内面に楕円形の反射面（図示せず）を形成しその焦点位置にレーザロッド1とフラッシュランプ2をそれぞれ設置した集光器3、レーザロッド1両端に面しその軸の延長線上において互いに平行になるように配置され、共振器を構成するエンドミラー4及びアウトプットミラー5、エンドミラー4とレーザロッド1との間に挿入された絞りであるアパーチャ20を備えている。また、レーザロッド1から出力されたレーザ光は図中50で、アパーチャ20で反射したレーザ光は図中51で示されている。さらに、レーザ発振器の外部には、フラッシュランプ2に発光パワーを供給するパワー供給器6、及びパワー供給器6の供給動作を制御するためのコントローラ7が設置されている。

30 【0017】アパーチャ20はドーナツ状をした絞りであって、これを挿入することによって上記のようにレーザロッド1の径と同一の本来のビーム径より小さくビーム径を絞ることができる。これによりこのレーザ発振器から出力され図4を用いて後述するように集光レンズで被加工物上に集束されたレーザ光のスポット径が小さくなり、微細加工を行うことができる。これは、微細加工を行うための簡便な方法としてよく用いられる。特に、加工深さと加工幅との比であるアスペクト比の大きな被加工物を加工する場合には、十分な加工深さを得るためにレーザ光のパワーを大きくし、加工幅、つまりスポット径を小さく絞る必要があり、このためにとりわけ穴径の小さいアパーチャ20を使用する。

40 【0018】アパーチャ20のレーザロッド1側の面は、レーザロッド1から出力されるレーザ光50の波長に対し高い反射率を有するミラー面20aとなるように表面が処理される。即ち、アパーチャ20の面に金、銀、アルミなどの材料をコーティングやメッキしたり、アパーチャ20の母材としてガラスなどの透明材料を用

い、多層の誘電体膜をコーティングしてミラー面20aとする。金、銀、アルミ等をコーティングやメッキするのは、加工用レーザとして用いられるCO<sub>2</sub>レーザの波長10.6μmやYAGレーザの波長1.06μmに対し高い反射率を持っているからである。

【0019】また、ガラスなどの透明材料を母材とし多層の誘電体膜をコーティングするのは、レーザ応用技術ハンドブック（朝倉書店）8頁に記載されているように、次のような理由による。即ち、例えば図2に断面図で示すように、屈折率が $n_s$ である母材に、屈折率が $n_{2q+1}$ ,  $n_{2q}$ , ...,  $n_3$ ,  $n_2$ ,  $n_1$ であり、 $n_1=n_s=\dots=n_{2q+1}=n_H$ かつ $n_2=n_4=\dots=n_{2q}=n_L$ を満たす誘電体膜を順にコーティングしたとすると、この面の反射率Rは、

$$R = (n_0 n_s n_L^{2q} - n_H^{2(q+1)}) / (n_0 n_s n_L^{2q} + n_H^{2(q+1)})$$

と表される。ここに、 $n_H$ ,  $n_L$ は定数であり、 $n_0$ は空気の屈折率である。従って、適当な屈折率を持つ材料（誘電体）を組合わせてコーティングすればこの式より100%に近い反射率を得ることができる。

【0020】また、図3に図1のIII部拡大図を示すように、アパーチャ20のレーザロッド1側のミラー面20aは、レーザ光50の軸に対して法線が傾斜した円錐面をなしており、レーザロッド1から出力されるレーザ光50の軸に対して直角ではない。もし、ミラー面20aがレーザ光50の軸に対して直角、即ちミラー面20aの法線方向がレーザ光50の軸と一致していると、このミラー面20aとエンドミラー4とが共振器を形成し、ここでレーザ光が増幅されてしまい、アパーチャが絞りの意味をなさなくなってしまう。本実施例では、ミラー面20aがレーザ光50の軸に対して直角ではない円錐面であるので、ミラー面20aで反射したレーザ光51はその入射方向とは異なる方向へ散乱する。従って、ミラー面20aとエンドミラー4とが共振器を形成してレーザ光が増幅されるという弊害がなく、アパーチャ20が絞りとして確実に機能する。

【0021】尚、上記のようにアパーチャ20はエンドミラー4とレーザロッド1との間に限らず、アウトプットミラー5とレーザロッド1との間に挿入されることもあり、この場合も同様の作用が得られる。

【0022】図1に戻り、本レーザ発振器において、コントローラ7は所要の駆動指令値をパワー供給器6に与え、パワー供給器6が動作する。この指令値の内容としては、例えば連続レーザの場合には電圧であり、パルスレーザの場合にはパルス幅、電圧、パルス周波数等である。パワー供給器6は、コントローラ7から供給される指令値に応じてフラッシュランプ2に所要の電圧を印加し、電圧が印加されることにより点灯又は点滅するフラッシュランプ2の光は集光器3でレーザロッド1に与えられる。レーザロッド1は、フラッシュランプ2から与

えられる光により、レーザロッド1にドーブされたイオン、例えばYAGレーザの場合にはNd<sup>3+</sup>イオンの電子が励起され、励起された電子が再び下位のエネルギーレベルに戻る時に誘導放出現象が発生する。発生したレーザ光50がエンドミラー4とアウトプットミラー5との間を往復するうちに増幅され強力なパワーを得るが、この時上記説明したアパーチャ20によってレーザ光50のビーム径が確実に絞られ、この一部がアウトプットミラー5を透過してレーザ光8となり外部に放出される。

【0023】次に上記レーザ発振器から出力されたレーザ光8を用いて行う加工について説明する。図4は本実施例によるレーザ発振器を用いた加工装置の概略構成図である。レーザロッド1から出力されたレーザ光8は、反射ミラー9でその進行方向を被加工物10が配置された方向に変えられる。次いで被加工物10の直前位置に配設された集光レンズ11によりほぼ平行な状態で進行してきたレーザ光を集束させ、この集束状態で被加工物10にレーザ光を照射する。この被加工物10の表面に照射されるレーザ光の集束状態に応じて被加工物10における加工内容が決定される。例えば、レーザ光を被加工物10の表面に焦点を設定し、微小なスポット径に集束させると、極めて高いパワー密度が与えられるため、被加工物10の表面を一瞬のうちに溶融又は蒸発させる。また集光レンズ11の位置を移動し、焦点位置を被加工物10の表面からずらせると、スポット径が大きくなり、パワー密度を下げることができる。さらにフラッシュランプ2に印加される電圧を変化させることにより、レーザ光が有するパワーを変えることができる。

【0024】上記のように2つの要素、即ちレーザ光のスポット径と印加電圧の組み合わせにより、被加工物10に照射されるレーザ光のパワー密度を自由に制御することができる。これにより被加工物10の状態を加熱、溶融、蒸発に変化させて、被加工物の状態に応じて熱処理、溶接、切断、穴あけなどの各種加工を行うことができる。

【0025】以上のように本実施例によれば、アパーチャ20のレーザロッド1側を、レーザ光50の波長に対し高い反射率をもつミラー面20aとするので、レーザ光50が高いパワー密度を有していても、ミラー面20aに入射したレーザ光のほとんどが反射し、アパーチャ20が溶融したり破損することなくレーザ光50のビーム径を絞ることができる。従って、被加工物上に集束されるレーザ光8のスポット径を小さくすることができ、微細加工を行うことができる。さらにアパーチャ20が溶融することがないので、アパーチャの溶融物の飛散によってレーザ発振器を構成する重要な光学部品を破損することがない。

【0026】また、ミラー面20aを、レーザ光50の軸に対して法線が傾斜した円錐面とするので、反射したレーザ光51は入射方向とは異なる方向へ散乱され、ミ

ラー面20aとエンドミラー4とが共振器を形成しここでレーザー光が増幅されることがなく、アパーチャ20を絞りとして確実に機能させることができる。

【0027】次に、本発明の他の実施例によるレーザー発振器について図5により説明する。図5は本実施例によるレーザー発振器のアパーチャ近傍の断面図であり、図3に相当する図である。図5に示すように、本実施例においては、アパーチャ20のミラー面20aで反射したレーザー光51の進路上にこのレーザー光を吸収するアブソーバ30を備える。このアブソーバ30はドーナツ状をしており、円錐面をなすアパーチャ20のミラー面20aの全周に対向するように吸収面30aが設けられている。この吸収面30aの断面は鋭角な先端角をもつ三角溝状であり、ミラー面20aで反射したレーザー光51はこの三角溝によって吸収され減衰していく。また、この吸収面30aの表面は黒色アルマイト処理や黒染め等による黒色化処理が施され、レーザー光が吸収しやすくなっている。さらに、アブソーバ30の内部は中空になっており、その中空部分30bには冷却水供給口30cより冷却水が供給され、レーザー光51を吸収して発熱した吸収面30aが冷却される。

【0028】ところで、レーザー発振器がYAGレーザーのようにゲインの高いレーザー光を出力する場合は、アパーチャ20のミラー面20aで反射するレーザー光51、即ちエンドミラー4とアウトプットミラー5との間で増幅されないレーザー光でも十分に高いパワー密度を有しているので、これが他の金属製の部品などに照射されると、その部分が溶融し、破損する可能性がある。本実施例においては、上記のようなミラー面20aで反射されたレーザー光51を吸収するアブソーバ30を設けるので、レーザー光が他の金属製の部品に照射されてこれが破損することがない。

【0029】以上のように、本実施例によれば、前述の実施例による効果が得られるだけでなく、さらにアブソーバ30を設けるので、アパーチャ20のミラー面20aで反射されたレーザー光51がこのアブソーバ30に吸収され、このレーザー光が他の金属製の部品に照射されてこれが破損することがない。

#### 【0030】

【発明の効果】本発明によれば、アパーチャの発振媒体側を、レーザー光の波長に対し高い反射率をもつミラー面とするので、このミラー面に入射するレーザー光のほとん

\*どが反射され、アパーチャを溶融したり破損することなく、確実に絞りとして機能させることができる。従って、被加工物上に集束されるレーザー光のスポット径を小さくすることができ、微細加工を行うことができる。また、アパーチャが溶融することがないので、アパーチャの溶融物の飛散によってレーザー発振器を構成する重要な光学部品を破損することがない。

【0031】また、ミラー面の法線をレーザー光の軸に対して傾斜させるので、ミラー面と共振ミラーとが共振器を形成することがなく、アパーチャを絞りとして確実に機能させることができる。

【0032】さらに、ミラー面で反射されたレーザー光を吸収するアブソーバを設けるので、レーザー光が他の金属製の部品に照射されてこれが破損することがない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるレーザー発振器の構成を示した図である。

【図2】ガラスなどの透明材料を母材とし、多層の誘電体膜をコーティングしたミラー面の断面図である。

【図3】図1のレーザー発振器のアパーチャ近傍の断面図であって、図1のIII部拡大図である。

【図4】図1のレーザー発振器を用いた加工装置の概略構成図である。

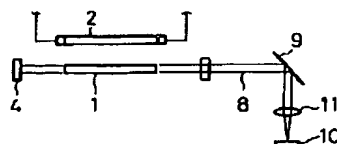
【図5】本発明の他の実施例によるレーザー発振器のアパーチャ近傍の断面図であり、図3に相当する図である。

【図6】加工に用いられる従来のレーザー発振器の構成の一例を示す図である。

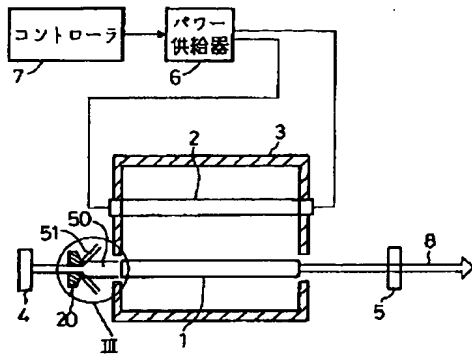
#### 【符号の説明】

- |     |           |
|-----|-----------|
| 1   | レーザーロッド   |
| 2   | フラッシュランプ  |
| 3   | 集光器       |
| 4   | エンドミラー    |
| 5   | アウトプットミラー |
| 8   | レーザー光     |
| 20  | アパーチャ     |
| 20a | ミラー面      |
| 30  | アブソーバ     |
| 30a | 吸収面       |
| 30b | 中空部分      |
| 30c | 冷却水供給口    |
| 50  | レーザー光     |
| 51  | レーザー光     |

【図4】

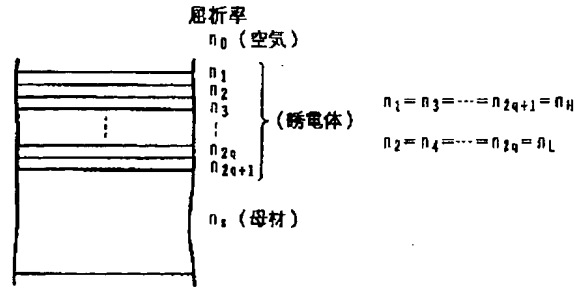


【図1】

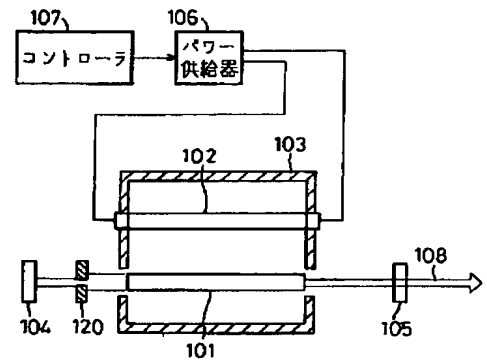


- 1: レーザロッド      8: レーザ光  
 2: フラッシュランプ    20: アパーチャ  
 3: 集光器            50: レーザ光  
 4: エンドミラー      51: レーザ光  
 5: アウトプットミラー

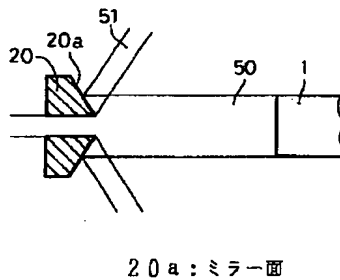
【図2】



【図6】

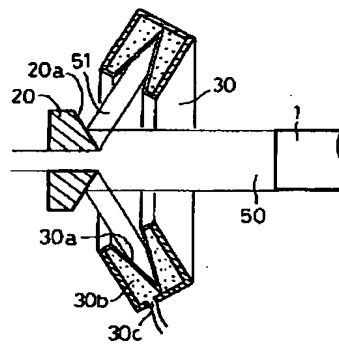


【図3】



20a: ミラー面

【図5】



- 30: アブソーバ  
 30a: 吸収面  
 30b: 中空部分  
 30c: 冷却水供給口

フロントページの続き

(72)発明者 桜井 茂行  
 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株  
 式会社土浦工場内